

potasse caustique, Dumas a obtenu rapidement de grandes quantités de salpêtre. — La réaction se produit de même, mais plus lentement, à la température ordinaire : si on laisse un mélange de gaz ammoniac et d'air en contact avec un lait de chaux, dans la saison d'été, on peut constater, au bout de six semaines environ, la transformation de l'ammoniaque en acide azotique. — En 1775, l'Académie des sciences créa, sur la proposition de Turgot, un prix destiné au meilleur traité sur la formation et la production du salpêtre; la Commission de l'Académie, dans son rapport sur le concours, signala les deux expériences suivantes. 1° Dans un panier percé de trous et au-dessus de sang en putréfaction, on avait placé de la craie préalablement débarrassée, par un lavage fait avec soin, de toutes ses parties solubles; au bout de quelques mois, on avait pu retirer de la craie 2,5 p. 100 d'azotate de chaux, lequel provenait évidemment de l'oxydation de l'ammoniaque produite par la décomposition du sang. 2° Du mortier, purifié par plusieurs lavages à l'eau bouillante et exposé dans une assiette à l'action de l'atmosphère d'une étable, pendant la saison d'été, ne présentait aucun changement durant les 13 premiers jours; mais, au bout de 21 jours, il renfermait une assez forte proportion d'azotites et d'azotates.

Enfin, en présence de certains corps, il se produit, à la température ordinaire, une oxydation simultanée de ces corps et de l'ammoniaque. Si l'on mouille avec de l'ammoniaque du cuivre très-divisé ou de la tournure de cuivre, il ne tarde pas à se former, sous l'action de l'air, des vapeurs blanches dans lesquelles on trouve, d'après Schönbein, de l'azotite d'ammoniaque; en même temps, le liquide prend une couleur bleue et l'on y rencontre, d'après Schönbein et Tuttle, en dehors de l'ammoniaque et de l'oxyde de cuivre, une assez grande quantité d'acide azotique. — Si l'on met dans un grand vase en verre une dissolution ammoniacale très-étendue et un morceau de phosphore qui ne soit qu'incomplètement immergé, le phosphore s'oxyde, en même temps que l'ammoniaque se transforme en acide azotique.

En résumé, l'ammoniaque fournie et fixée par les matières organiques se trouve soumise à une décomposition continuelle sous des influences diverses, dont les principales sont : l'humidité, la température, les corps poreux, la présence des bases alcalines ou terreuses et celle de l'humus en putréfaction. Ces influences se manifestent dans les conditions suivantes :

1° L'air dissous dans l'eau est plus riche en oxygène que l'air de l'atmosphère; en chauffant une dissolution de ce genre pour chasser l'air, Gay-Lussac a reconnu que l'air recueilli dans la dernière période de l'opération contenait 34,8 p. 100 d'oxygène. L'eau qui pénètre dans le sol et dans les matières poreuses, en y introduisant à la fois de l'ammoniaque et de l'air dissous, est donc éminemment favorable à la formation de l'acide nitrique.

2° Cette formation s'effectue très-rapidement aux températures élevées et se ralentit beaucoup dans le voisinage du point de congélation de l'eau.

3° L'influence des corps poreux s'explique par l'absorption simultanée de l'ammoniaque, de l'air et de l'eau.

4° L'acide azotique se forme de préférence en présence de la chaux caustique, des carbonates de chaux et de magnésie, et surtout des carbonates de potasse et de soude. L'ammoniaque joue ainsi un double rôle : une partie se transforme en acide nitrique qui se combine à l'autre partie non attaquée; puis l'azotate d'ammoniaque ainsi produit agit par double décomposition sur les carbonates alcalins ou autres contenus dans le sol.

5° L'humus, qui est constitué par les débris des végétaux en putréfaction et qui tend constamment à se transformer, par l'absorption de l'oxygène de l'air, en acide carbonique et en eau, doit, d'après Millon, exercer sur l'oxydation de l'ammoniaque une action analogue, quoique d'une intensité moindre, à celle du cuivre et du phosphore dans les expériences précédemment décrites.

§ II.

EXTRACTION DU SALPÊTRE BRUT.

Les matières premières qui servent à la production du salpêtre sont le plus ordinairement des terres ou des roches imprégnées d'azotates. Dans les climats tempérés, ces sels sont à bases terreuses, tandis que, dans les pays chauds, ils sont à bases alcalines. Le salpêtre, se formant sous l'influence de causes permanentes, se produit, au bout d'un certain temps, dans les parties où il a été déjà recueilli.

Parfois la matière salpêtrée se rencontre toute formée, sans coopération extérieure, là où les conditions de sa production se trouvent naturellement réunies. Tel est le cas du salpêtre de Ceylan, du salpêtre des Indes, et aussi du salpêtre de Bradford, en Pennsylvanie, où l'on aurait découvert, d'après Ellet, une matière complètement différente de celles que l'on connaît jusqu'ici et constituée par de véritables filons noyés au milieu du grès.

Parfois aussi, surtout dans les climats tempérés, la production est plus ou moins artificielle, en ce sens qu'on est obligé de venir en aide à la nature afin d'arriver à réaliser toutes les circonstances reconnues indispensables. C'est le cas des nitrières naturelles et artificielles.

Nous allons examiner successivement ces diverses sources de salpêtre, et nous indiquerons en même temps les divers procédés d'extraction de la matière et le meilleur mode d'utilisation des produits obtenus (*).

I. GITES NATURELS DE SALPÊTRE.

a) Salpêtre de Ceylan.

Les gîtes de l'île de Ceylan sont constitués par des cavernes creusées dans une roche calcaire qui renferme de la magnésie et du feldspath; ces cavernes s'agrandissent peu à peu par suite de l'enlèvement continu de matière salpêtrée. Quelques-unes, comme celle de Boulatwellegode, servent de repaires à de nombreuses bandes de chauves-souris, dont les excréments viennent s'accumuler sur le sol. D'autres, au contraire, ne renferment aucun de ces animaux, comme par exemple la caverne de Memoora, qui a environ 34^m de largeur, 70^m de profondeur et 28^m de hauteur; elle est creusée dans une colline boisée de 60 à 70^m d'élévation, et son sol est formé directement par le roc. Davy, qui visita ces cavernes, les trouva exploitées par 16 ouvriers, dont chacun devait fournir chaque année une quantité déterminée de salpêtre au gouvernement.

La matière salpêtrée est toujours mélangée d'azotates de chaux ou de magnésie; la potasse doit provenir de la décomposition du

(*) Knapp, *loc. cit.*, p. 113 sqq.

feldspath. D'après Davy, la roche de la caverne de Memoora se compose des éléments suivants :

Azotate de potasse	2,4
Azotate de magnésie	0,7
Sulfate de magnésie	0,2
Carbonate de chaux	26,3
Résidu insoluble dans l'acide azotique étendu (feldspath, quartz, mica et talc)	60,8
Eau	9,4
Total	100,0

L'exploitation des gîtes de Ceylan est simple et économique, mais essentiellement primitive. On détache avec des outils en fer la partie salpêtrée de la roche, on la réduit en très-petits morceaux, et, dans cet état, on la mélange à une quantité à peu près égale de cendres de bois. Si l'on traite ensuite cette masse par l'eau, les azotates terreux abandonnent leur acide, qui se combine avec la potasse des cendres pour donner de l'azotate de potasse, et passent à l'état de carbonates de chaux et de magnésie qui se précipitent. La lessive, enrichie par cette addition de sel de potasse à celui qu'elle contenait déjà et tirée au clair, est coulée dans des bassins, où elle commence à s'évaporer sous la simple action de la chaleur solaire; l'opération se continue dans des chaudières chauffées à feu nu, jusqu'à ce que la liqueur soit arrivée à un état de concentration convenable pour qu'on puisse la faire cristalliser par refroidissement. Le produit ainsi obtenu est le salpêtre brut, tel qu'on l'expédie en Europe.

Il existe des cavernes semblables sur la côte de l'Adriatique, en Italie (pulo di Mofetta), sur quelques points de l'Amérique septentrionale (Tennessee, Kentucky, bords du Missouri et Crookedriver), en Afrique et à Ténériffe.

b) Salpêtre des Indes.

Des gisements de salpêtre, un peu différents de ceux que nous venons d'indiquer, se rencontrent dans l'Amérique du Sud, dans quelques régions de l'Inde, dans l'Arabie, l'Égypte, la Perse, l'Espagne et la Hongrie. Dans l'Inde, le Bengale et les environs de Patna notamment fournissent une grande quantité de salpêtre qui arrive sur les marchés de l'Europe; ce salpêtre est traité à Chiovera et expédié par l'Hougly. Dans certaines localités, les matières qui contiennent le salpêtre couvrent souvent de très-grandes étendues; mais

elles ne pénètrent jamais dans le sol qu'à une profondeur assez faible pour être facilement accessibles à l'air. Lorsque la terre, imprégnée de solution saline à la suite de pluie ou de rosée, se dessèche à l'air et au soleil, les couches superficielles perdent les premières leur eau et attirent, par capillarité, le liquide contenu dans les couches inférieures : de cette manière, tout le salpêtre se porte successivement à la surface et s'y accumule pendant la saison sèche, en formant des efflorescences composées tantôt de cristaux durs, tantôt de fines baguettes groupées sous forme de houppes. Les sels, tels qu'on les recueille, sont mélangés d'une certaine quantité de terre.

L'analyse A, due à Davy, se rapporte à un salpêtre du Bengale (district de Tirhoot); l'analyse B, due à Haynes, à un salpêtre pris aux environs de Patree, dans le Guzerat, où on le rencontre sous la forme d'une couche étroite, régnant de l'est à l'ouest.

	A	B
Azotate de potasse.	8,3	2,26
Azotate de soude.	»	6,32
Azotate de chaux.	3,7	»
Chlorure de sodium	0,2	14,81
Sulfate de chaux.	0,8	1,43
Sulfate de magnésie.	»	1,38
Carbonate de chaux.	35,0	} 73,80
Eau, avec une petite quantité de matière organique.	12,0	
Matières insolubles.	40,0	
	100,0	100,00

Le procédé suivi pour le traitement de ces matières est, en principe, identique à celui que nous avons indiqué pour le salpêtre des cavernes; on se dispense toutefois de l'addition de cendres de bois, qu'il serait très-difficile de se procurer : cette addition est, du reste, d'autant moins nécessaire que la matière à traiter renferme déjà par elle-même, comme on le voit, une forte proportion d'azotates alcalins. A la suite du traitement, l'azotate de chaux reste dans les eaux-mères, dont on ne fait aucun usage. Le salpêtre fourni par la première cristallisation présente une coloration assez prononcée, et on le purifie ordinairement en le faisant cristalliser une seconde fois.

II. NITRIÈRES NATURELLES ET ARTIFICIELLES.

A. Conditions pratiques à réaliser.

Il résulte de la théorie générale de la nitrification que le salpêtre peut prendre naissance dans des circonstances extrêmement variées, soit par l'oxydation directe de l'azote de l'air, soit par la décomposition de l'ammoniaque. Mais il n'en est pas moins certain que les forces naturelles qui concourent à cette formation ne donnent, en général, que de très-faibles quantités d'azotates, et que ce n'est qu'exceptionnellement que leur action devient assez énergique pour correspondre à une production abondante de ces sels.

La production pratique du salpêtre ne peut reposer évidemment que sur les actions de la seconde espèce, qui sont seules susceptibles de fournir des azotates en quantité suffisante pour qu'il y ait intérêt à les soumettre à un traitement industriel. Il est donc très-important de déterminer les conditions spéciales de cette production abondante. Elles peuvent se résumer ainsi qu'il suit :

1° Présence de matières susceptibles de fournir les éléments de l'acide azotique : sels ammoniacaux, substances azotées végétales et animales;

2° Présence de certaines bases, destinées à accélérer la formation de l'acide azotique en se combinant avec lui : en première ligne figurent les alcalis, puis la chaux et la magnésie;

3° Concours de l'humidité, dans une certaine mesure, de manière que les matières ne soient ni trop sèches ni trop mouillées;

4° Température de 15 à 20° au moins, pour l'air et les matières destinées à agir les unes sur les autres : la nitrification se ralentit beaucoup dans le voisinage du point de congélation de l'eau et cesse complètement au-dessous;

5° Emploi de matériaux suffisamment poreux pour que l'air puisse pénétrer et circuler facilement à l'intérieur.

Il est facile de comprendre l'importance que présentent, comme source d'azote ou d'ammoniaque, les matières organiques d'origine animale, telles que les excréments, l'urine, le purin, le sang, etc. Pour l'évaluer en chiffres, il suffit de remarquer que l'azotate de potasse renferme 14 p. 100 d'azote et que, pour obtenir l'azote qui entre dans la composition de 1^{re} de salpêtre, il faudrait employer

l'une quelconque des quantités suivantes de ces différentes matières, en supposant, bien entendu, qu'il n'y ait pas de pertes :

43 kil. d'excréments de vache,	23 kil. de purin,
34 kil. de fumier d'écurie,	19 kil. d'urine de l'homme,
31 kil. d'urine de vache,	5 ^k ,3 d'urine de cheval,
25 kil. d'excréments de cheval,	5 kil. de sang d'abattoir.

Ces nombres se rapportent aux matières prises à l'état frais. Des expériences, qui remontent à plusieurs années et qui sont dues à Fontanelle, permettent d'apprécier assez rigoureusement la valeur de ces divers éléments au point de vue de la préparation du salpêtre. Après avoir formé un certain nombre de tas, de 25^k environ, avec chacune des matières à expérimenter ou avec des mélanges d'un certain nombre d'entre elles, il les exposa à l'air pendant 3 ans, en les protégeant contre la pluie et en les maintenant à un certain état d'humidité au moyen d'eau distillée. Au bout de ce temps, les différents tas furent lessivés avec le plus grand soin pour en extraire le salpêtre formé. Deux des tas, qui étaient composés, l'un de sable calcaire pur, l'autre de granit réduit en poudre, ne fournirent aucune trace de ce corps, tandis qu'on obtint :

4 p. 100	} d'azotates avec un tas formé d'un mélange de terre arable et de	} gravois calcaires, 1/10 de fumier de brebis, 1/10 de fumier de cheval, 1/10 de fumier de vache, terreau d'étable imbibé d'excrétions animales, même terreau additionné de 1/5 de gravois calcaires.
5,5 —		
5 —		
4,5 —		
6 —		
8 —		

La présence de ces substances organiques azotées est particulièrement indispensable, lorsque la formation du salpêtre ne se trouve pas favorisée par le concours des alcalis. Dans ce cas, il paraît assez probable, suivant une remarque déjà ancienne de Dumas, que ces matières ne fournissent pas simplement de l'acide nitrique, mais qu'elles forment encore une certaine quantité d'ammoniaque, qui remplace les alcalis absents. Cette hypothèse trouve d'ailleurs une confirmation dans ce fait d'expérience, que le liquide obtenu en lessivant des terres salpêtrées renferme toujours des sels ammoniacaux (Kuhlmann).

Les détritux animaux et les substances analogues ont encore un autre genre d'utilité. Ils fournissent, comme résidu de leur décomposition, une espèce d'humus, lequel, sous l'action de l'oxygène de l'air, subit une oxydation lente qui, lorsqu'elle se trouve suffisam-

ment avancée, doit avoir pour conséquence de favoriser singulièrement celle de l'ammoniaque. A ce point de vue, l'humus de la terre arable a une action si prononcée que, dans ses recherches sur la formation du salpêtre en Algérie, Millon n'hésite pas à considérer la présence de cet humus comme une des conditions pratiques indispensables pour la nitrification. L'humus permet, en outre, de satisfaire à la cinquième des conditions que nous avons signalées précédemment, en ce sens qu'il peut servir à donner une certaine perméabilité aux matières nitrifiables. Cette perméabilité, qui facilite l'action de l'air, est nécessaire pour obtenir une oxydation continue des matières. Lorsqu'elle vient à faire défaut, non-seulement l'action oxydante peut s'arrêter, mais encore elle peut être remplacée par une action de réduction, qui se traduit par la décomposition d'une partie de l'acide azotique primitivement formé; dans ces circonstances, les azotates se transforment facilement en azotites (Goppelsröder), tandis que les matières en décomposition donnent de l'ammoniaque (Pelouze). Sous l'action de l'hydrogène à l'état naissant, l'acide azotique du salpêtre se transforme facilement en ammoniaque (Kuhlmann).

Même dans les conditions les plus favorables, la nitrification est toujours une opération qui se produit d'une manière lente et graduelle, de telle sorte qu'elle ne se trouve complètement achevée qu'après une période de très-longue durée. Toutes choses égales d'ailleurs, sa marche est plus rapide dans les pays chauds que dans les régions tempérées. Il importe, toutefois, de remarquer que, les azotates étant très-solubles, la richesse des dépôts ne dépend pas seulement de la rapidité plus ou moins grande avec laquelle ils se forment. A ce point de vue, les climats tempérés, où les pluies sont très-fréquentes, sont moins avantageux que les climats secs. Au contraire, un sol qui possède par lui-même un certain degré d'humidité et qui reçoit rarement de la pluie est préférable, pour la formation du salpêtre, à un sol sec, exposé fréquemment à de fortes averses.

B. Sources de salpêtre.

a) Salpêtre des murailles.

Dans les villes très-peuplées, à rues étroites, où les excréments des bêtes de trait, les déchets des boucheries, des marchés à la viande,